

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電動機に供給する電流の指令値を生成する指令値生成部と、前記指令値生成部によって生成された前記指令値に基づいて前記電動機に三相交流電流を供給する供給部と、前記供給部によって各相に供給される電流のうちの二相の電流のみを検出する一対の検出部とを備え、前記検出部によって検出された電流を前記指令値生成部又は前記供給部にフィードバックさせつつ前記電動機を駆動する電動機の制御装置において、前記検出部の何れか一方に異常が発生した場合には、異常が発生した前記検出部に対応する相に関しては、前記検出部によって検出される電流値に代えて、前記指令値に基づく指令電流値を前記指令値生成部又は前記供給部に対して与えるように構成されていることを特徴とする電動機の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電動機を制御する電動機の制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】電動機の制御装置としては、特開平3-155322号公報に記載のものなどが知られている。これらの従来の制御装置は、電動機に供給される三相交流電流を検出して電動機を制御している。具体的には、電動機に供給されているU相、V相、W相の三相電流をそれぞれセンサによって検出し、この三相電流の検出結果からセンサの異常を判定したり、フィードバック制御を行ったりしている。そして、何れか一つセンサに異常があったときには、残りのセンサの検出結果から異常があったセンサによって検出されるはずであった電流値を推定して電動機を制御している。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】一方、三相交流電源は、各相の電流和が0となるので、少なくとも二相についてセンサを設けておけば残りの相の状態は演算によって算出でき、異常検出やフィードバック制御が可能となることも知られている。しかし、上述したように三相全てについてセンサを設けると、二相についてのみセンサを設ける場合よりもセンサの設置数が増えるので、コストも高く、異常発生確率も高くなる。

【0004】二相についてのみセンサを設けることによってこれらの問題を回避あるいは低減できるが、二つのうちの何れかのセンサについて異常が発生したときでも電動機を駆動させることができるようにしておきたい。即ち、二相についてのみセンサを設けた場合に何れか一方のセンサに異常が発生したときには実際に検出できる電流は三相のうちの一相のみとなるが、このような場合にも電動機を制御して駆動させたい。

【0005】従って、本発明の目的は、三相交流電源によって駆動する電動機において二相の電流のみを検出す

る際に、一方の検出機構に異常が発生した場合でも電動機を制御して駆動させることのできる電動機の制御装置を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の電動機の制御装置は、電動機に供給する電流の指令値を生成する指令値生成部と、指令値生成部によって生成された指令値に基づいて電動機に三相交流電流を供給する供給部と、供給部によって各相に供給される電流のうちの二相の電流のみを検出する一対の検出部とを備え、検出部によって検出された電流を指令値生成部又は供給部にフィードバックさせつつ電動機を駆動するもので、検出部の何れか一方に異常が発生した場合には、異常が発生した検出部に対応する相に関しては、検出部によって検出される電流値に代えて、指令値に基づく指令電流値を指令値生成部又は供給部に対して与えるように構成されていることを特徴としている。

【0007】本発明の電動機の制御装置によれば、検出部によって三相交流電源の二相についてのみ電流を検出するので、コストを低減することができると共に異常発生率を低減することができる。さらに、検出部によって検出する二相のうちの何れか一方に異常が発生した場合には、検出部によって検出される電流値に代えて、指令値生成部によって生成される指令値に基づく指令電流値を指令値生成部（又は供給部）に対して与えるので、上述した異常相が発生しても電動機を制御して駆動させることができる。なお、上述した指令電流値は、指令値生成部によって生成される指令値に基づいて算出される場合もあれば、指令値生成部によって生成される指令値自体が指令電流値である場合もある。

## 【0008】

【発明の実施の形態】本発明の電動機の制御装置の実施形態について図面を参照しつつ説明する。

【0009】本実施形態の電動機の制御装置は、内燃機関であるエンジンと電動機であるモータとを備えたハイブリッド車のモータ（電動機）を制御するものであり、ここでのモータは三相交流電源によって駆動される同期モータである。モータ1は、エンジン2に直結されたり、変速機3やベルトを介して接続されている。モータ1は、ハイブリッド車の車輪を駆動すると共に制動時の車輪の回転を利用して回生発電を行う発電機としても機能し、エンジン2のスタータモータの役目も負っている。以下、モータをM/G（モータ・ジェネレータ）とも言うこととする。

【0010】M/G1とエンジン2との配置は、図1(a)に示されるような、いわゆるパラレル方式の配置であってもよいし、図1(b)に示されるような、いわゆるシリーズ方式の配置であってもよい。あるいは、図示しないが、パラレル方式とシリーズ方式とを混成させたような配置であってもよい。

【0011】本実施形態の制御装置は、いわゆるベクトル制御によってM/G1を制御している。図2に、本実施形態の制御装置の構成図を示す。図2に示されるように、本実施形態の制御装置は、M/G1に供給する電流の指令値を生成する指令値生成部10と、この指令値生成部10によって生成された指令値に基づいてM/G1に三相交流電流を供給する供給部11と、M/G1に供給される三相交流電流のうちの二相の電流のみを検出する検出部12とを備えている。また、指令値生成部10の一部は、上述した指令値を指令電流値から指令電圧値に変換し、さらに、d-q二軸座標系（回転座標系）からU,V,W三相座標系（固定座標系）に変換する第一変換部13とされている。

【0012】また、検出部12によって検出された電流値を指令値生成部10にフィードバックさせる際にU,V,W三相座標系（固定座標系）からd-q二軸座標系（回転座標系）に変換する第二変換部14も備えている。さらに、検出部12に異常があったときに指令値をd-q二軸座標系（回転座標系）からU,V,W三相座標系（固定座標系）に変換する第三変換部15も備えている。本実施形態においては、フィードバック制御においてU,V,W三相座標系（固定座標系）のうち、U相及びV相の電流値を検出部12において検出している。

【0013】上述したd-q二軸座標系（回転座標系）か

$$\begin{bmatrix} V_u \\ V_v \\ V_w \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \cos(\theta - \frac{2}{3}\pi) \\ \cos(\theta + \frac{2}{3}\pi) \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -\sin \theta \\ -\sin(\theta - \frac{2}{3}\pi) \\ \sin(\theta + \frac{2}{3}\pi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} \dots (I)$$

生成された指令電圧値 $V_u, V_v, V_w$ は、さらに、PWM(Pulse Width Modulation)制御用の信号 $S_u, S_v, S_w$ に変換された後、供給部11に送出される。

【0016】供給部11では、PWM信号 $S_u, S_v, S_w$ に基づいてパルス幅変調制御によって、インバータ18を介してM/G1に電力を供給する。そして、供給部11とM/G1との間に配された検出部12では、U相及びV相の電力供給路上に配置された電流センサ12aによって、U相及びV相に供給されている電流を検出している。上述したように、三相交流電源を用いているので、U相及びV相を検出すれば、W相については算出によって求めることができる。

【0017】ここで、M/G1に供給している電流を検出するのは、電力供給系の異常検出のみならず、M/G1の制御に高信頼性及び高応答性が求められるからであ

らU,V,W三相座標系（固定座標系）への変換時、あるいは、この逆方向への変換時には、d軸位置（磁極位置）が必要となるので、これを検出する位置センサ16がM/G1に取り付けられている。上述した指令値生成部10（第一変換部13）と、供給部11の一部とは、M/G1を総合的に制御するM/GコントロールECU17によって実現されている。また、供給部11は、上述したM/GコントロールECU17と、これに接続されたインバータ18とによって実現されている。

【0014】指令値生成部10→供給部11→検出部12→M/G1にかけての、制御指令及びこれに基づく電力供給について簡単に説明する。指令値生成部10では、エンジンECU（図示せず）からのトルク指令に基づいて、d-q軸座標系からなる二相の指令値（指令電流値） $I_d^*, I_q^*$ が生成される。生成された指令電流値 $I_d^*, I_q^*$ は、第一変換部13において、指令電圧値 $V_d, V_q$ に変換される。その後、指令電圧値 $V_d, V_q$ は、位置センサ16の検出結果（回転角 $\theta$ ）を用いて、d-q二軸座標系（回転座標系）からU,V,W三相座標系（固定座標系）に変換され、指令電圧値 $V_u, V_v, V_w$ が生成される。

【0015】d-q二軸座標系（回転座標系）からU,V,W三相座標系（固定座標系）への変換は、よく知られている以下の関係式(I)によって変換する。

【数1】

$$\begin{bmatrix} V_u \\ V_v \\ V_w \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \cos(\theta - \frac{2}{3}\pi) \\ \cos(\theta + \frac{2}{3}\pi) \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -\sin \theta \\ -\sin(\theta - \frac{2}{3}\pi) \\ \sin(\theta + \frac{2}{3}\pi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} \dots (I)$$

り、検出した電流によってフィードバック制御を行うためである。このため、図3に示されるように、正常時には、電流センサ12aによって検出された電流値 $I_u, I_v$ は第二変換部14に送出され、U,V,W三相座標系（固定座標系）からd-q二軸座標系（回転座標系）に変換されて電流値 $I_d, I_q$ とされる。このときも、位置センサ16の検出結果（回転角 $\theta$ ）が用いられており、変換後の電流値 $I_d, I_q$ は、指令値生成部10にフィードバックされる。即ち、上述した指令値生成部10での処理には、この電流値 $I_d, I_q$ がフィードバックされている。

【0018】ここでのU,V,W三相座標系（固定座標系）からd-q二軸座標系（回転座標系）への変換は、よく知られている以下の関係式(II)によって変換する。

【数2】

$$\begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos(\theta - \frac{2}{3}\pi) & \cos(\theta + \frac{2}{3}\pi) \\ -\sin \theta & \sin(\theta - \frac{2}{3}\pi) & -\sin(\theta + \frac{2}{3}\pi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_u \\ I_v \\ I_w \end{bmatrix} \dots (II)$$

ただし、ここでは、 $I_w = -I_v - I_u$ であるから、上式(II)は以下の式(III)となる。

$$\begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} = \sqrt{2} \begin{bmatrix} \sin(\theta + \frac{\pi}{3}) & \sin \theta \\ \cos(\theta + \frac{\pi}{3}) & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_u \\ I_v \end{bmatrix} \cdots (III)$$

【0019】また、本実施形態においては、図4に示されるように、一対の電流センサ12aのうちの何れか一方に異常が発生した場合でも、上述したフィードバック制御を補完してM/G1を運転することができるように第三変換部15を含む制御系が構築されている。図4には、V相の電流センサ12aに異常が発生した場合を例にして示してある。

【0020】M/G1には三相交流電源から電力が供給されるので、電流センサ12aからの出力は常に変動しているはずであるが、これが一定の値となって変動していない場合や出力自体が全くないというような場合は、電流センサ12a、即ち、検出部12に異常が発生したと考えられる。このような場合は、異常のあった何れかの相についての電流の検出が行えないのであるから、第二変換部14に対して電流値を送出することはできな

【数3】

い。

【0021】このようなときには、上述した指令値 $I_d^*$ 、 $I_q^*$ を、第三変換部15によってd-q二軸座標系(回転座標系)からU,V,W三相座標系(固定座標系)に変換して指令電流値 $I_u^*$ 、 $I_v^*$ 、 $I_w^*$ を算出する。そして、検出できなかった電流値 $I_u$ 、 $I_v$ の何れかに代えて、算出した指令電流値 $I_u^*$ 、 $I_v^*$ のうちの何れか対応する方を第二変換部に14に送出し、フィードバック制御を補完する。このようにすることによって、検出部12に異常があった場合でもM/G1を運転することができる。

【0022】ここでのd-q二軸座標系(回転座標系)からU,V,W三相座標系(固定座標系)への変換は、上述した式(III)の逆変換と同様に、以下の関係式(IV)によって変換する。

【数4】

$$\begin{bmatrix} I_u^* \\ I_v^* \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \sin(\theta + \frac{\pi}{3}) & \sin \theta \\ \cos(\theta + \frac{\pi}{3}) & \cos \theta \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} I_d^* \\ I_q^* \end{bmatrix} \cdots (IV)$$

【0023】本実施形態のM/G1は車輛の駆動源として用いられており、このようにしておけば、万が一、検出部12に異常があったとしても、M/G1を停止させることなく、その運転を継続することができるので、サービスステーションなどまでは自走することが可能となる。

【0024】上述したM/G1の制御ルーチンを図5に示す。まず、電流センサ12aに異常が発生しているか否か(電流センサ12aがフェイルしているか否か)を検出する検出処理を行う(ステップ100)。次いで、電流センサ12aに異常があるか否かを判定する(ステップ110)。異常がある場合は、異常相がU相であるかV相であるかも判別される。二つの電流センサ12aの双方に異常がない時は、図3に示されるように、通常時のベクトル制御が行われる(ステップ120)。

【0025】即ち、一対の電流センサ12aによって検出された電流値 $I_u$ 、 $I_v$ を、第二変換部14で電流値 $I_d$ 、 $I_q$ に座標変換した後、指令値生成部10に対してフィードバックする。一方、二つの電流センサ12aのうちの何れか一方に異常がある場合(ここでは、V相に異常がある場合で説明する)は、まず運転者に対して警告を表示する(ステップ130)。警告は、インストルメントパネルのメーター内にインジケータを設置しておき、これ

を点灯又は点滅させることによって運転者に知らせるなどすればよい。次いで、図4に示されるように、異常時のベクトル制御が行われる(ステップ140)。

【0026】即ち、正常な電流センサ12aによって検出された電流値 $I_u$ はそのまま第二変換部14に入力され、異常相(ここではV相)についての電流値は、指令値 $I_d^*$ 、 $I_q^*$ を第三変換部15で変換した後の指令電流値 $I_v^*$ を第二変換部14に対して入力する。第二変換部14においては、入力された電流値 $I_u$ 、 $I_v^*$ に基づいて座標変換を行い、変換後の指令電流値 $I_d$ 、 $I_q$ を指令値生成部10に対してフィードバックする。このようにすることによって、フィードバック制御を補完してM/G1の運転を維持することができ、車輛の運転者は、インジケータによって異常が生じていることを確認しつつ、サービスステーションなどの修理拠点まで車輛を走行させることができる。

【0027】なお、本発明の電動機の制御装置は、上述した実施形態に限定されるものではない。例えば、上述した実施形態例は、同期モータの制御装置として構成されたが、本発明の制御装置は、誘導モータに対しても適用が可能である。また、上述した実施形態の制御装置はハイブリッド車のモータを制御するものであったが、本発明の制御装置は、車輛駆動用電動機の制御装置にその

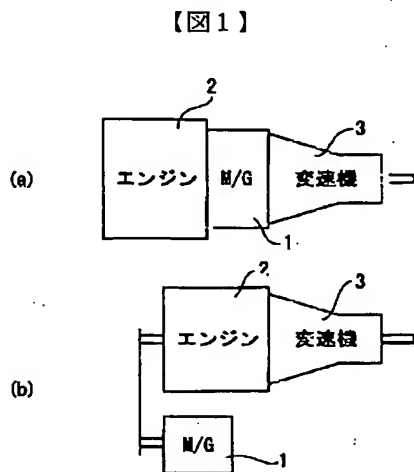
用途を限定されるものではなく、三相交流電動機を用いたシステム全般に適用可能である。また、上述した実施形態においては、指令値生成部10に対してフィードバックが行われたが、供給部11に対してフィードバックが行われてもよい。

【0028】

【発明の効果】本発明は、二つの検出部の何れか一方に異常が発生した場合には、異常が発生した検出部に対応する相に関しては、検出部によって検出される電流値に代えて、指令値に基づく指令電流値を指令値生成部又は供給部に対して与えるように構成されているので、二つの検出部の何れか一方の検出部に異常が発生した場合でも電動機を制御して駆動させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ハイブリッド車におけるモータ・ジェネレータ



(M/G:電動機)とエンジンとの配置例を示す説明図である。

【図2】本発明の電動機の制御装置の実施形態の構成を示す構成図である。

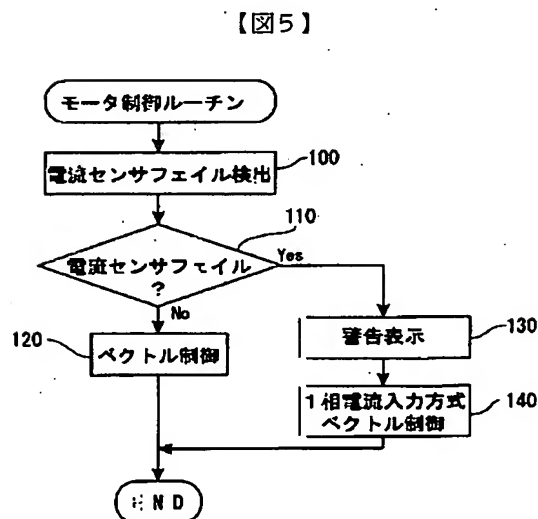
【図3】通常のベクトル制御時の図2相当図である。

【図4】検出部に異常が発生した時のベクトル制御時の図2相当図である。

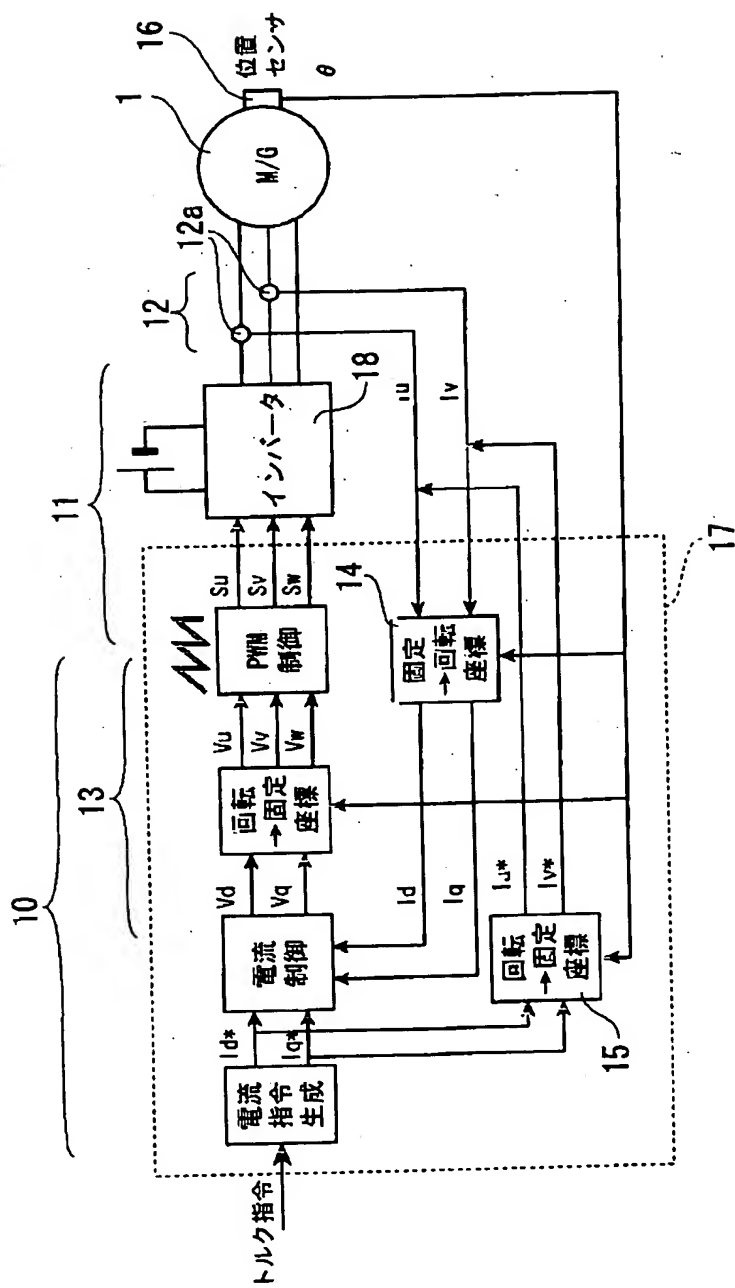
【図5】本実施形態における制御ルーチンを示すフローチャートである。

【符号の説明】

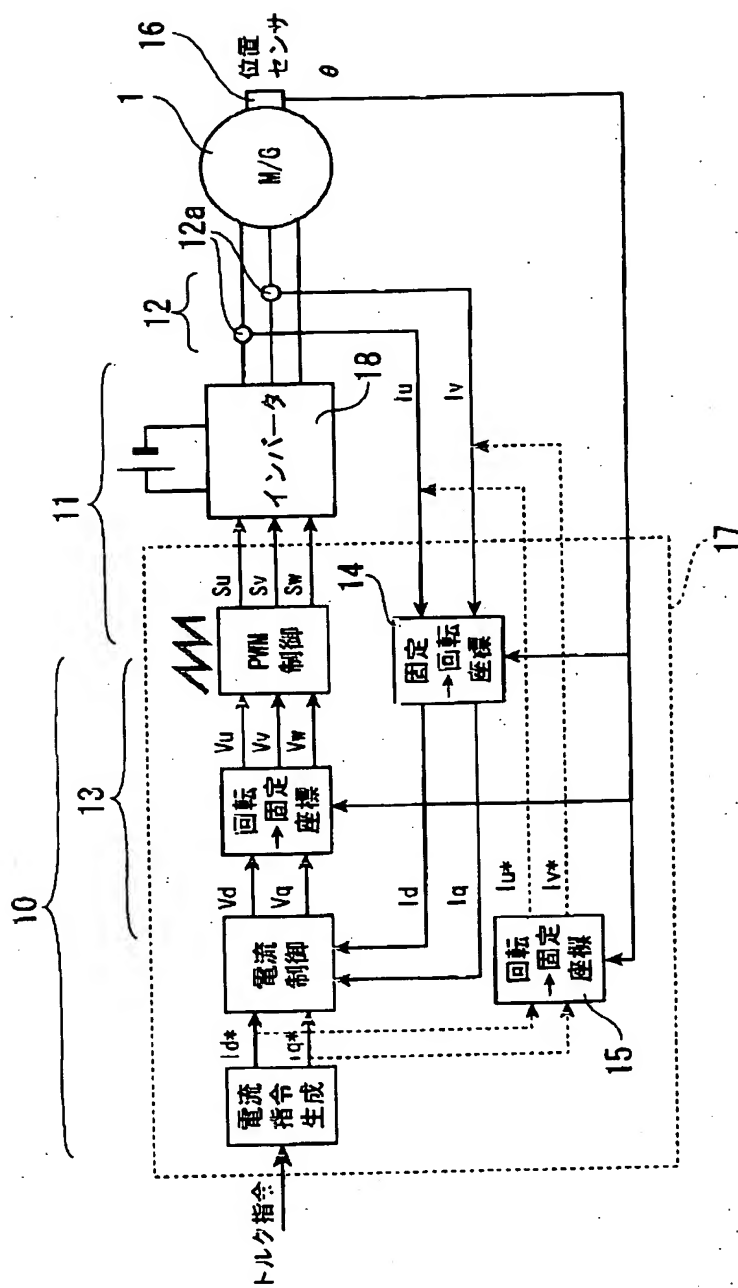
1…モータ・ジェネレータ (M/G:電動機)、10…指令値生成部、11…供給部、12…検出部、12a…電流センサ、13…第一変換部、14…第二変換部、15…第三変換部、16…位置センサ、17…M/GコントロールECU、18…インバータ。



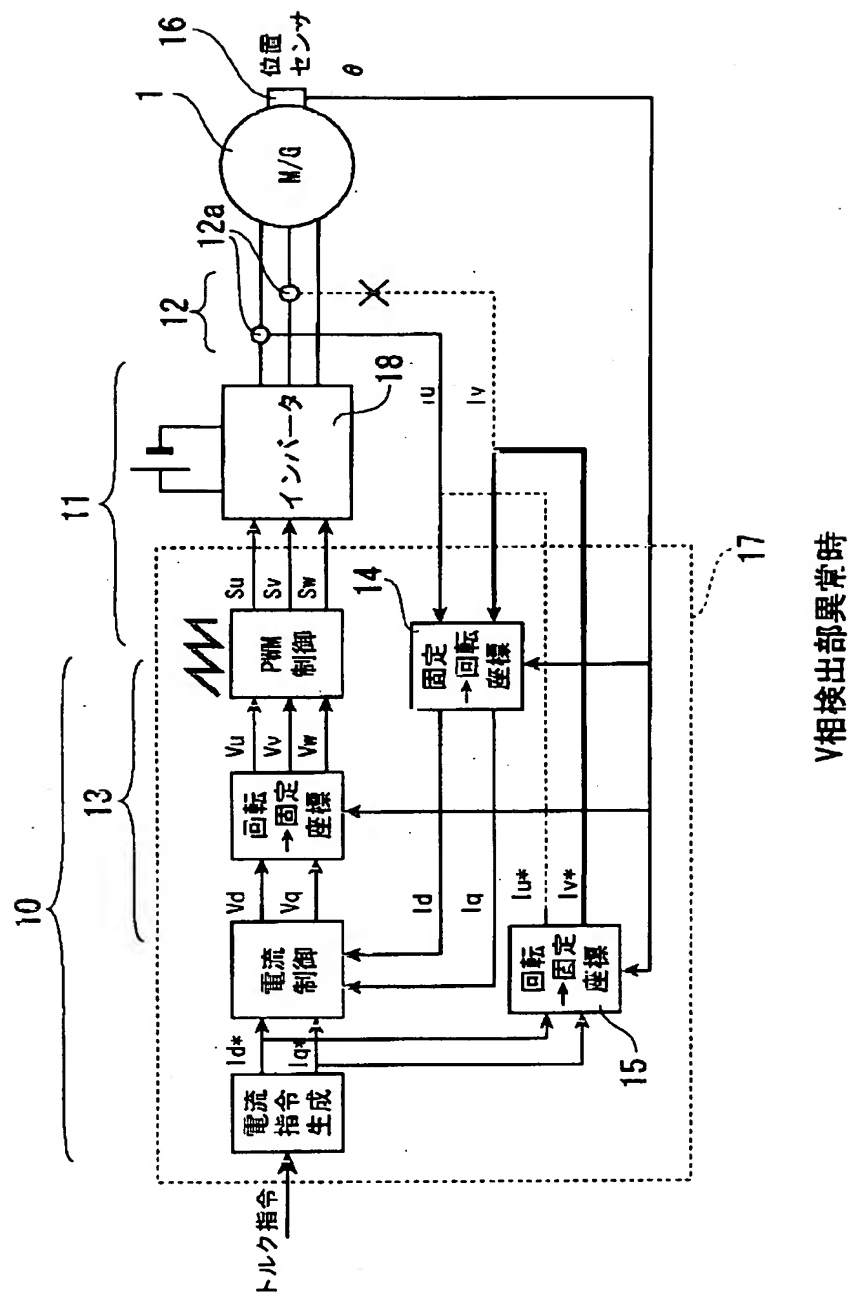
【図2】



【図3】



【図4】





フロントページの続き

Fターム(参考) 5H007 AA06 BB06 CB02 CB05 DA05  
DC02 EA02 FA14 FA16  
5H115 PA08 PC06 PG04 PI16 PI24  
PU10 PU21 PU29 PV09 QI04  
QN03 QN09 RB22 RB26 TD20  
TO12 TR06 TU01 TU20 TZ07  
TZ14 UB05 UB08 UB11  
5H560 AA08 BB04 BB12 DC12 EB01  
EC01 EC10 JJ01 RR10 SS02  
XA02 XA12 XA13  
5H570 AA21 BB09 CC04 DD03 DD04  
DD08 GG01 HB07 HB16 LL02  
LL15 LL32 MM07 MM10